

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

[1] - [2]

(11)Publication number : 07-333502
 (43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.CI.

G02B 15/16

(21)Application number : 06-122492
 (22)Date of filing : 03.06.1994

(71)Applicant : RICOH CO LTD
 (72)Inventor : ONO NOBUAKI

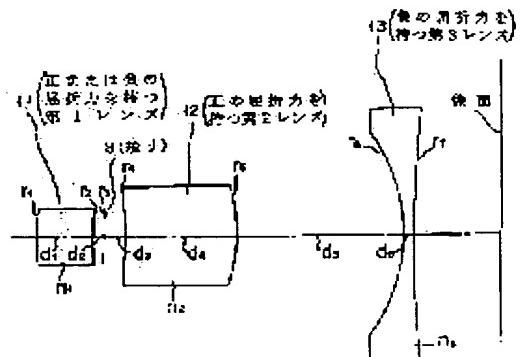
(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a bright and compact zoom lens having a large variable power ratio by arranging a first and a second lens groups and making a first and a second lenses in the first group graded index lenses whose refractive powers change in the direction of optical axis.

CONSTITUTION: A first and a second lens groups are arranged in order from the object side to the image side, by moving the first group together with the second group to the object side while narrowing their interval, zooming from the short focal distance to the long focal distance is performed. The first group is composed of a first lens 11, a diaphragm and a second lens 12 and has a positive refractive power in order from the object side and the second group is composed of a third lens 13 and has a negative refractive power. Thus, the whole constitution is two group three lenses. By this constitution, the first lens 11 and the second lens 12 are made graded index lenses whose indices change in the direction of optical axis i.e., axial type graded index lenses.

Consequently, the freedom of lens design is increased and the zoom lens of good performance is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

第3レンズ13に対し、
(9-2) 0, 5 < Δv_{pd} < 1, 4
を満足することができる（請求項9）。

【0019】 【作用】上記のように、この発明では全体を、第1、第2、第3レンズ1, 12, 1, 3の3枚のレンズで構成し、その内の第1レンズ1, 11, 第2レンズ1, 3により第1群を構成し、第3レンズ1, 13により第2群を構成することにより、「2群3枚」というコンパクトなレンズ構成をしている。

【0020】これら3枚のレンズのうちの2枚を「アクシアル型の屈折率分布型レンズ」とし、レンズ内における「屈折率の分布状態」を設計により指定できる事項に加えることにより、レンズ設計の自由度を増し、性能のよいズームレンズの実現が可能になる。

【0021】「アクシアル型」の屈折率分布型レンズは、屈折率がレンズ光軸方向に変化するので、屈折率の異なる多數の薄レンズを貼り合わせたのと同様に、レンズ内で光線を曲げることができるとなり、レンズ面において「収差補正の自由度」が増すので、このようなアクシアル型の屈折率分布型レンズの使用により、歪曲収差、球面収差、コマ収差等の収差を良好な補正が可能となる。

【0022】請求項1記載のズームレンズのように、第1レンズ11と第2レンズ1, 2とをアクシアル型の屈折率分布型レンズとする場合には、収差Sの前後で発生する収差を良好に相殺するには、請求項2記載のズームレンズのように、第1レンズ1, 1は「物体側に凸面を向けた正または負のメニスカスレンズ」、第2レンズ1, 2は「像側に凸面を向けたメニスカスレンズ」とすることが好ましい。

【0023】さらにこの場合、第1レンズ1, 1、第2レンズ1, 2とも、凸面側よりもパワーの小さい凹面の側で分散を大きくする（請求項3：条件式：(3-1), (3-2)）ことにより第1群の色収差を良好に補正できる。

【0024】請求項4記載のズームレンズのように、第1レンズ1, 1と第3レンズ1, 3とをアクシアル型の屈折率分布型レンズとする場合には、第1レンズ1, 1は、なるべく収差を発生させずに、「物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ」とすることが好ましい（請求項5）。

【0025】さらにこの場合、第1レンズ1, 1は、凹面側の分散を大きくして第1群での色収差発生を抑えるとともに（請求項6：条件式：(6-1)）、強い負の屈折力を持つ第3レンズ1, 3は、各面における分散の関係が条件式：(6-2)を満足することにより第3レンズ

【0011】上記請求項1記載のズームレンズにおいて、第1レンズ1, 1は「物体側に凸面を向けた正または負のメニスカスレンズ」、第2レンズ1, 2は「像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ」、第3レンズ1, 3は「両面レンズ」とすることができる。（請求項2）。

【0012】また、請求項2記載のレンズ構成では、アクシアル型屈折率分布型レンズに就き、物体側面と光軸との交点における屈折率を、d, g軸に対し、それぞれ、n_{obj}, n_{air}とするとき、これらの量により、定義式：

$$\Delta v_{pd} = \frac{(n_{obj} - n_{air})}{(n_{obj} + n_{air})} / (\Delta v_{pd}^0 - n_{air})$$

で「 Δv_{pd} 」なる量を定義すると、上記請求項1または2記載のズームレンズにおいては、この「 Δv_{pd} 」が、第1レンズ1, 1に対し、

$$(3-1) 0, 4 < \Delta v_{pd} < 1, 0$$

第2レンズ1, 2に対し、
(3-2) 1, 3 < Δv_{pd} < 2, 3

を満足するようになることができる（請求項3）。

【0013】請求項4記載のズームレンズは、上記「レンズ構成」において、正の屈折力を持つ第1レンズ1, 1と、負の屈折力を持つ第3レンズ1, 3とが「アクシアル型」の屈折率分布型レンズであることを特徴とする。

【0014】この請求項4記載のズームレンズにおいては、第1レンズ1, 1を「物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ」とし、第2レンズ1, 2を「凸面レンズ、第3レンズ1, 3を「両面レンズ」とすることができる（請求項5）。

【0015】また、請求項5記載のレンズ構成では、アクシアル型の屈折率分布型レンズにおいて、上記の如く定義された量「 Δv_{pd} 」は、請求項4または5記載のズームレンズにおいては、 $\Delta v_{pd} = 0$ に対し、
(6-1) 0, 3 < Δv_{pd} < 0, 8

第3レンズ1, 3に対し、
(6-2) 0, 8 < Δv_{pd} < 1, 7

を満足するようになることができる（請求項6）。

【0016】請求項7記載のズームレンズは、上記「普通のレンズ構成」において、正の屈折力を持つ第2レンズ1, 2と、負の屈折力を持つ第3レンズ1, 3とが、「アクシアル型」の屈折率分布型レンズにおいて、上記の如く

定義された量「 Δv_{pd} 」は、請求項4または5記載のズームレンズにおいては、第1レンズ1, 1に対し、
(6-3) 0, 3 < Δv_{pd} < 0, 8

第3レンズ1, 3において、 $\Delta v_{pd} = 0$ に対し、
(6-4) 0, 8 < Δv_{pd} < 1, 7

を満足するようになることができる（請求項7）。

【0017】請求項7記載のズームレンズにおいては、第1レンズ1, 1を「物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズ」もしくは「両面レンズ」、第2レンズ1, 2を「正の屈折力」を持つ。図1において、符号Sは、第1群を構成する第1, 第2レンズ1, 1, 2の間に配備された「鏡」を示す。

【0018】この場合において、第1および第2レンズ1, 1のメニスカスレンズ、第3レンズ1, 3を「両面レンズ」とすることができる（請求項8）。

【0019】また、請求項8記載のレンズ構成では、アクシアル型の屈折率分布型レンズにおいては、 Δv_{pd} が、第2レンズ1, 2に対し、
(9-1) 1, 0 < Δv_{pd} < 1, 9

と表される。従って、上記屈折率N₁、N₂、N₃を考えて、屈折率分布：

$$n_j(x) = N_0 + N_1 x + N_2 x^2 + N_3 x^3 + N_4 x^4 \quad (1)$$

n_j(x)を特定する。

【0020】なお、屈折率分布係数の表示について、
分布係数：N₁, N₂, N₃, N₄を用いて、屈折率分布：

$N_1: -0.7739E-1$ $-0.7794E-1$
 $N_2: 0.5939E-2$ $-0.7291E-2$
 $N_3: 0.4637E-4$ $0.4288E-2$
 $N_4: 0.2209E-4$ $-0.3091E-3$

$n_2(x) : [d\text{線}]$

$N_0: 1.62292$ 1.64247
 $N_1: 0.5441E-2$ $0.6082E-2$
 $N_2: 0.4502E-3$ $0.3784E-3$
 $N_3: 0.1595E-4$ $0.3900E-5$
 $N_4: -0.6852E-6$ $0.1659E-6$

【0041】条件式のパラメータ: Δv_{r-d} のIII
第1レンズ: 0. 65, 第2レンズ: 1. 44 $f = 40.5 \sim 59.5 \text{mm}, F/N_o = 5, 1 \sim 7.4$

$i: r_i$ d_i j n_j v_j

1 18.412 2.141 $n_i(x)$ v_j
2 24.581 12.95
3 ∞ (放り) 6.63
4 42.994 7.232 1.743 52.9
5 -89.164 可変
6 -18.826 1.203 $n_j(x)$
7 339.718

可変量

$f: 40.5$ 59.5
 $F/N_o: 5.1$ 7.4
 $d_6: 19.01$ 12.74 8.9

【0043】

$n_1(x) : [d\text{線}]$

$N_0: 1.63622$ 1.64994
 $N_1: -0.4388E-1$ $-0.3899E-1$
 $N_2: 0.1217E-3$ $-0.8300E-3$
 $N_3: -0.2230E-2$ $-0.2142E-2$
 $N_4: 0.2049E-3$ $0.3085E-3$

$n_3(x) : [d\text{線}]$

$N_0: 1.56111$ 1.57542
 $N_1: -0.8950E-2$ $-0.1047E-1$
 $N_2: -0.6042E-3$ $-0.1491E-2$
 $N_3: -0.2540E-3$ $-0.1039E-2$
 $N_4: -0.2512E-4$ $-0.1753E-3$

【0045】条件式のパラメータ: Δv_{r-d} のIII
第1レンズ: 0. 6 , 第2レンズ: 1. 5 $f = 40.5 \sim 59.5 \text{mm}, F/N_o = 5, 1 \sim 7.4$

$i: r_i$ d_i j n_j v_j

1 23.456 4.2 1 $n_i(x)$ v_j
2 21.618 1.3
3 ∞ (放り) 2.73
4 -64.554 1.1 6.5 2 $n_2(x)$
5 -19.345 可変
6 -22.761 1.20 3 1.497 81.6
7 163.577

可変量

$f: 40.5$ 59.5
 $F/N_o: 5.1$ 7.4
 $d_6: 19.01$ 12.74 8.9

【0035】

$n_1(x) : [g\text{線}]$

$N_0: 1.81758$ 1.84128
 $N_1: -0.6809E-1$ $-0.7371E-1$
 $N_2: -0.7657E-3$ $-0.1336E-2$
 $N_3: 0.1110E-2$ $0.26679E-2$
 $N_4: 0.1954E-4$ $-0.2367E-3$

$n_2(x) : [d\text{線}]$

$N_0: 1.55268$ 1.57675
 $N_1: 0.4075E-2$ $0.2491E-2$
 $N_2: 0.2316E-3$ $0.2544E-3$
 $N_3: 0.1597E-4$ $0.1208E-4$
 $N_4: 0.3108E-6$ $0.7969E-6$

【0037】条件式のパラメータ: Δv_{r-d} のIV
第1レンズ: 0. 89, 第2レンズ: 2. 09 $f = 40.5 \sim 59.5 \text{mm}, F/N_o = 5, 1 \sim 7.4$

$i: r_i$ d_i j n_j v_j

1 31.992 6.68 1 $n_i(x)$ v_j
2 36.167 1.19
3 ∞ (放り) 2.42
4 -55.345 1.2.81 2 $n_2(x)$
5 -21.480 可変
6 -22.555 1.20 3 1.497 81.6
7 149.896

可変量

$f: 40.5$ 59.5
 $F/N_o: 5.1$ 7.4
 $d_6: 19.0$ 12.88 9.13

【0040】

$n_1(x) : [g\text{線}]$

$N_0: 1.75102$ 1.76407

「E-数字」は「べき乗」を表す。即ち、例えば、「IE-9」であれば、これは $[1/10^9]$ を意味し、この数 字がその前にある数値に掛かるのである。

【0034】実施例1

$f = 40.5 \sim 59.5 \text{mm}, F/N_o = 5, 1 \sim 7.4$

[0053] 条件式のパラメータ: Δv_{r^d} の値
第1レンズ: 1. 7 , 第2レンズ: 1. 19

$f = 440.5 \sim 59.5 \text{ mm}, F/N_o = 5.1 \sim 7.4$

i	r_i	d_i	j	n_j	v_j
1	31.372	2.651	1	1.497	81.6
2	-105.652	0.93			
3	∞ (枚り)	1.41			
4	-18.329	1.496	2	$n_2(x)$	
5	-21.231	可変			
6	-33.844	1.223	$n_3(x)$		
7	68.111				

[0056]

可変量

f:	40.5	50.5	59.5
F/N_o:	5.1	6.3	7.4
$d_6:$			

可変量

$n_2(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.58153
$N_1:$	0.3401E-2
$N_2:$	0.3993E-3
$N_3:$	0.1660E-4
$N_4:$	0.1452E-5

[g線]

$n_3(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_4(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.52931
$N_1:$	0.3541E-1
$N_2:$	0.1047E-1
$N_3:$	-0.6059E-2
$N_4:$	-0.5905E-3

[g線]

$n_5(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_6(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_7(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_8(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_9(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

$n_{10}(x)$:	[d線]
$N_0:$	1.51933
$N_1:$	0.3337E-1
$N_2:$	0.7642E-2
$N_3:$	-0.4223E-2
$N_4:$	-0.1374E-3

[g線]

[0047] 7 287.528

可変量

$f:$

40.5

50.5

59.5

$F/N_o:$

5.1

6.3

7.4

$d_6:$

13.51

9.26

6.65

屈折率

$n_1(x):$

[d線]

$n_2(x):$

[g線]

$n_3(x):$

[d線]

$n_4(x):$

[g線]

$n_5(x):$

[d線]

$n_6(x):$

[g線]

$n_7(x):$

[d線]

$n_8(x):$

[d線]

$n_9(x):$

[d線]

$n_{10}(x):$

[d線]

可変量

$f:$

40.5

50.5

59.5

$F/N_o:$

5.1

6.3

7.4

$d_6:$

22.15

12.32

6.29

屈折率

$n_2(x):$

[d線]

$n_3(x):$

[g線]

$n_4(x):$

[d線]

$n_5(x):$

[d線]

$n_6(x):$

[d線]

$n_7(x):$

[d線]

$n_8(x):$

[d線]

$n_9(x):$

[d線]

$n_{10}(x):$

[d線]

[0048] 7 287.528

可変量

$f:$

40.5

50.5

59.5

$F/N_o:$

5.1

6.3

7.4

$d_6:$

13.51

9.26

6.65

屈折率

$n_1(x):$

[d線]

$n_2(x):$

[g線]

$n_3(x):$

[d線]

$n_4(x):$

[g線]

$n_5(x):$

[d線]

$n_6(x):$

[g線]

$n_7(x):$

[d線]

$n_8(x):$

[d線]

$n_9(x):$

[d線]

$n_{10}(x):$

[d線]

可変量

$f:$

40.5

50.5

59.5

$F/N_o:$

5.1

6.3

7.4

$d_6:$

13.51

9.26

6.65

屈折率

$n_2(x):$

[d線]

$n_3(x):$

[g線]

$n_4(x):$

[d線]

$n_5(x):$

[d線]

$n_6(x):$

[d線]

$n_7(x):$

[d線]

$n_8(x):$

[d線]

$n_9(x):$

[d線]

$n_{10}(x):$

[d線]

[0049] 条件式のパラメータ: Δv_{r^d} の値

第1レンズ: 1. 7 , 第2レンズ: 1. 19

$f = 440.5 \sim 59.5 \text{ mm}, F/N_o = 5.1 \sim 7.4$

$d_6:$

13.51

9.26

6.65

屈折率

$n_1(x):$

[d線]

$n_2(x):$

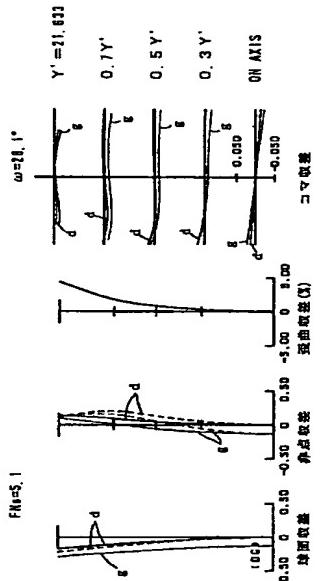
[g線]

$n_3(x):$

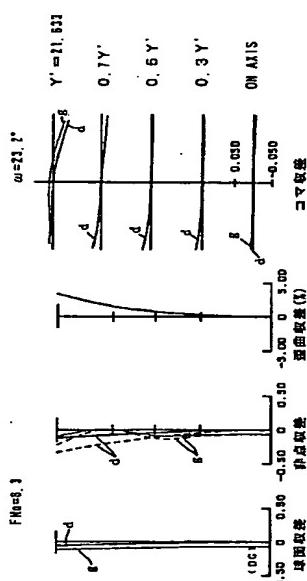
[d線]

<

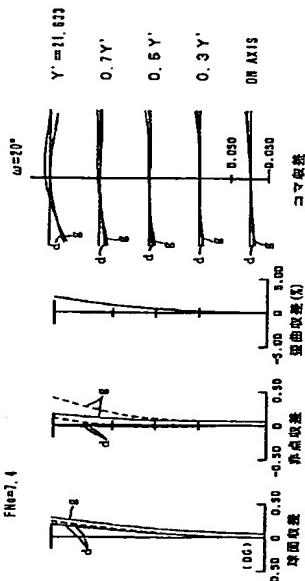
[図 3]



[図 3]



[図 4]



収差図である。

[図 3] 実施例 1 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 4] 実施例 1 のズームレンズの長焦点距離における収差図である。

[図 5] 実施例 2 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 6] 実施例 2 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 7] 実施例 2 のズームレンズの長焦点距離における収差図である。

[図 8] 実施例 3 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 9] 実施例 3 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 10] 実施例 3 のズームレンズの長焦点距離における収差図である。

[図 11] 実施例 4 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 12] 実施例 4 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 13] 実施例 4 のズームレンズの长焦点距離における収差図である。

[図 14] 実施例 5 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 15] 実施例 5 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 16] 実施例 5 のズームレンズの长焦点距離における収差図である。

[図 17] 実施例 6 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 18] 実施例 6 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 19] 実施例 6 のズームレンズの长焦点距離における収差図である。

[図 20] 実施例 7 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 21] 実施例 7 の中间焦点距離における収差図である。

[図 22] 実施例 7 の长焦点距離における収差図である。

ける収差図である。

[図 3] 実施例 4 のズームレンズの長焦点距離における収差図である。

[図 4] 実施例 5 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 5] 実施例 5 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

[図 6] 実施例 5 のズームレンズの长焦点距離における収差図である。

[図 7] 実施例 6 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

[図 8] 実施例 6 のズームレンズの中间焦点距離における収差図である。

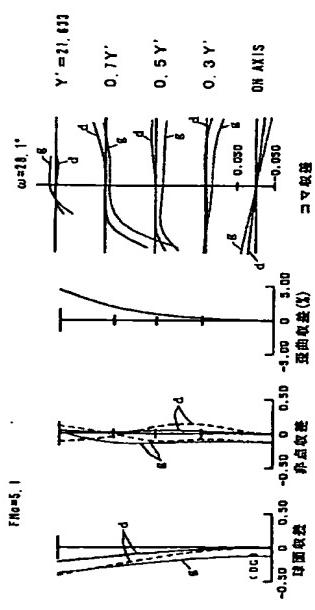
[図 9] 実施例 6 のズームレンズの长焦点距離における収差図である。

[図 10] 実施例 7 のズームレンズの短焦点距離における収差図である。

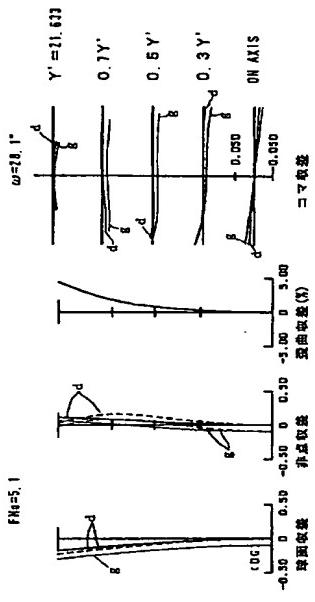
[図 11] 実施例 7 の中间焦点距離における収差図である。

[図 12] 実施例 7 の长焦点距離における収差図である。

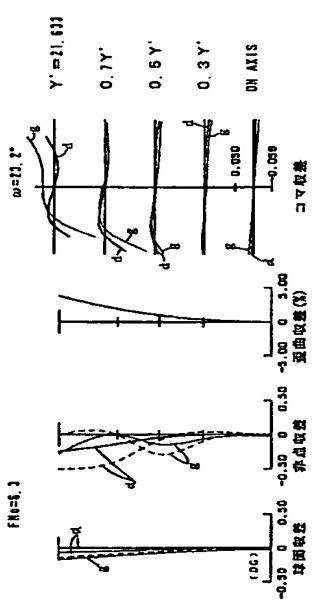
[图 8]



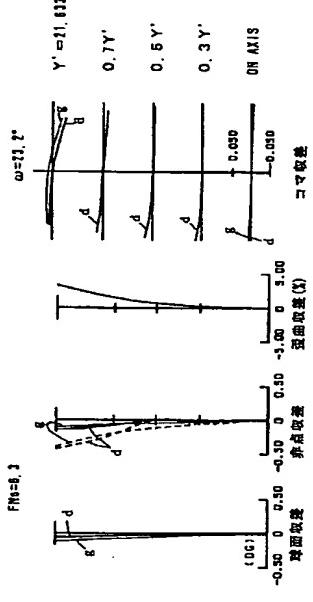
[图 5]



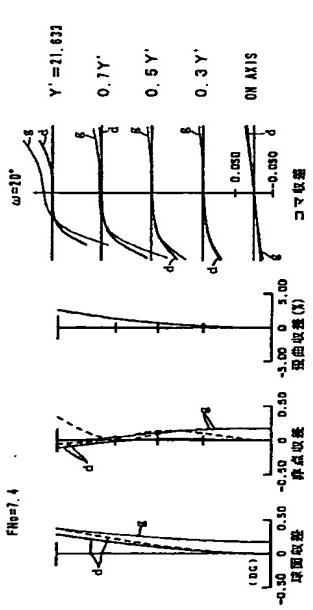
[图 9]



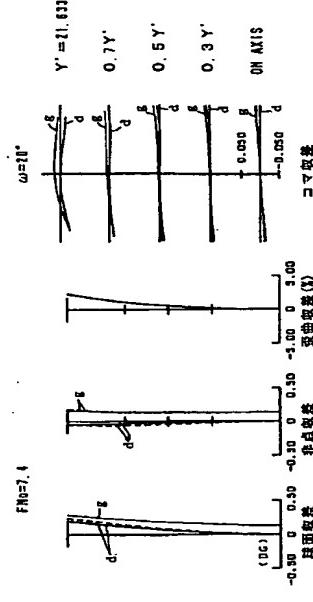
[图 6]



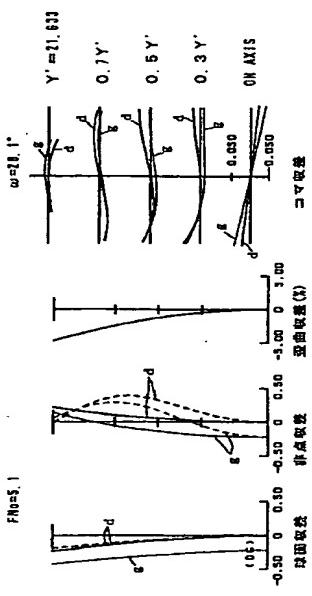
[图 10]



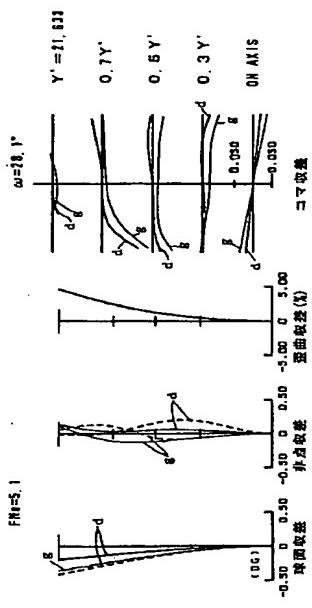
[图 7]



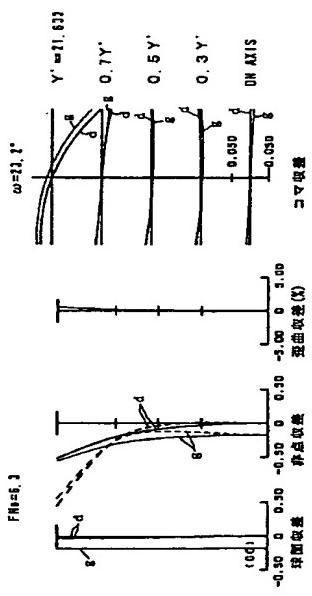
[図 1.1]



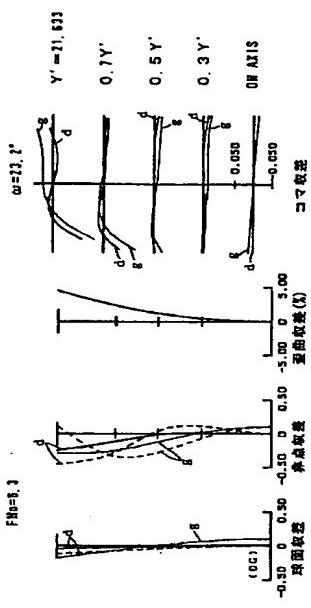
[図 1.1]



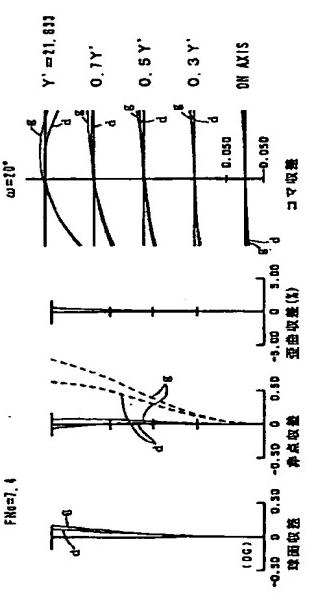
[図 1.5]



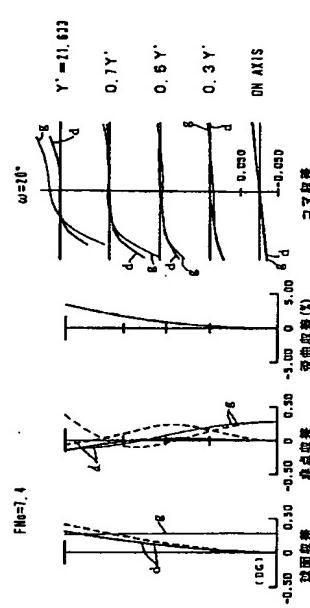
[図 1.2]



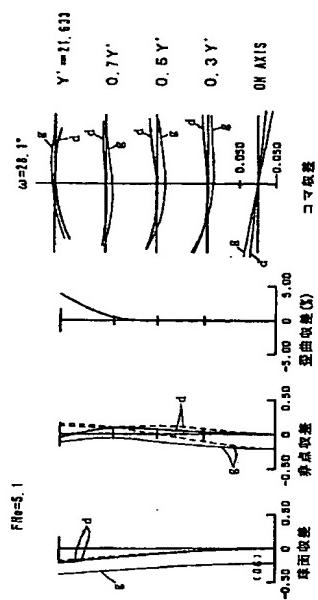
[図 1.6]



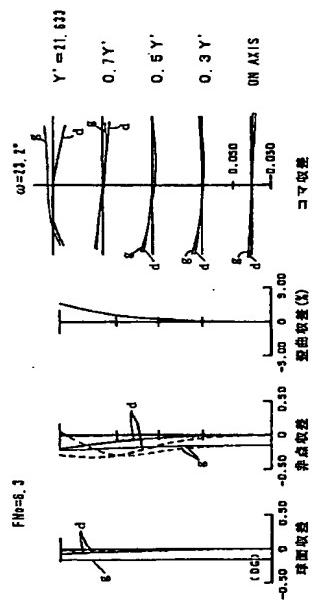
[図 1.3]



[図17]



[図18]



[図19]

